

(50) 玉川高架橋・鶴見川橋の補強設計

日本道路公団 東京第一管理局 京浜管理事務所	金田 政博
同 上	渡邊 仁夫
(株)ピー・エス東京支店 土木部工事課	正会員 荒田 成一
同 上 土木技術部設計課	正会員 ○山田 俊一

1. はじめに

玉川高架橋・鶴見川橋は東京都世田谷区から神奈川県横浜市に至る第三京浜道路(延長16.6km、平均交通量18万台/日)に位置し、施工後30年以上(昭和39年供用開始)を経たPC3径間連続(単純)箱桁橋、PC3径間有ヒンジラーメン箱桁橋である。この2橋についてB活荷重に対応させるため外ケーブルによる主桁補強を、既設桁をなるべく傷めないことを第一に設計・施工した。鶴見川橋については主桁補強と併せて上部工の連続化を行い、また復旧仕様に従い橋脚の耐震補強設計を行った。

本講演では本工事から設計の要点を述べる。

2. 玉川高架橋

構造は3径間連続桁橋と単純桁橋、主桁はPC2主箱桁橋(上床版はRC構造)である。既設橋の側面図を図-1に、断面図を図-2に示す。

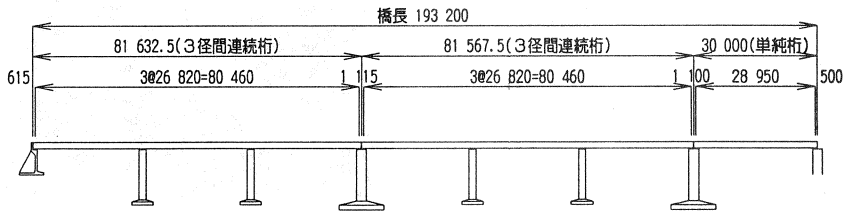


図-1 玉川高架橋側面図

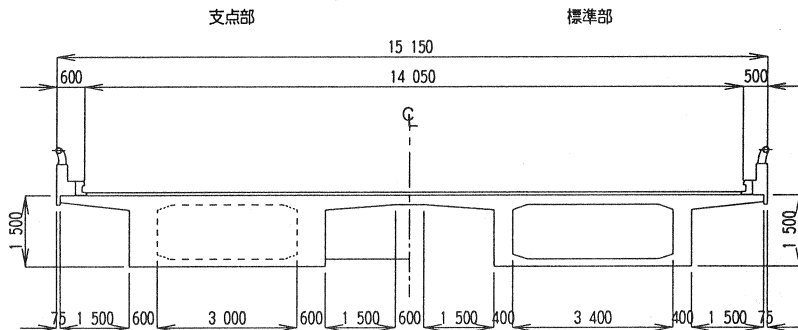


図-2 玉川高架橋断面図

(1) 床版の設計

上床版がB活荷重に対応できるかを照査し、補強の必要性を確認する。その結果、補強が必要ならば上面増厚工法で検討を行い、増厚量を算出する。またその増厚量を主桁の設計に荷重として反映させるものとした。

(2) 主桁の設計

当初の設計図書を参考にして以下の検討と補強設計を行った。

1) 当初 π -20で設計された主桁をB活荷重で照査し、曲げに対して許容値を満足しないため外ケーブルを箱桁内部に配置し補強した。また将来の上床版増厚、橋面(壁高欄等)変更を考慮し、その荷重に対応した応力度の照査を実施した。

2) 外ケーブルはSEEE工法タイプF-T型とし、A1~P3・P3~P6はF100T(7S11.1B:100TON型)、P6~P7はF230T(19S10.8A:230TON型)を使用した。ケーブル配置で設計上の留意事項を示す。

a) ケーブル形状は発生応力から偏向位置を決定したが、可能な限り既設横桁を利用した。本数は各ウェブに沿って1本(断面的に4本)とし、定着部の設置によって主桁を傷めないため、また主桁全体の耐力を向上させるため桁長全体に配置した。

b) 偏向部は横桁を利用する箇所はMCナイロン製偏向具、利用しない箇所は鉄筋コンクリート製として、下床版を削孔しPC鋼棒を配置して外ケーブル緊張力の鉛直分力に対して抵抗させた。

c) 外ケーブルの摩擦係数は $\mu=0.15$ 、 $\lambda=0.0$ とし、クリープ・乾燥収縮による影響は無視し、リラクセーションは5%とした。

(3) 外ケーブル定着部の設計

外ケーブルの定着部は鉄筋コンクリート製とし、ウェブを削孔、PC鋼棒を配置してプレストレスを与え摩擦力で外ケーブル緊張力に対して抵抗させる構造とした。構造を写真-1に示す。

1) 接合の検討

定着部とウェブの間に作用する滑動に対しては、PC鋼棒の緊張力により接合面での摩擦力で抵抗させる。摩擦係数は $\mu=0.8$ とし、外ケーブル緊張力に対する安全率を $F=2.0$ 以上とした。

2) 接合面でのコンクリート応力度の検討

外力として作用する外ケーブルとPC鋼棒の緊張力による、定着部コンクリートの接合面での応力度を検討した。作用応力度は引張を発生させないものとした。

3) PC鋼棒の純せん断の検討

定着部とウェブの間の摩擦が解放された場合に、外ケーブル緊張力をPC鋼棒の純せん断耐力で負担できるかを検討した。安全率は $F=2.0$ 以上とした。

4) 割裂に対する補強筋

外ケーブル、PC鋼棒の緊張力で定着部に発生する割裂力に対して補強筋を配置した。

5) 定着部前面の既設コンクリートに発生する引張力に対する検討

外ケーブル緊張力の0.5倍がウェブ定着部前面に引張力として発生するものとし、主桁の既設ケーブルによる圧縮力と比較検討した。

(4) 外ケーブル偏向部の設計

外ケーブルの偏向部は鉄筋コンクリート製とし、下床版を削孔しPC鋼棒を配置して緊張力で接合する構造とした。

1) 接合の検討

外ケーブル緊張力による鉛直分力に対して、PC鋼棒の緊張力で抵抗させた。ここで安全率は $F=2.0$ 以上とした。

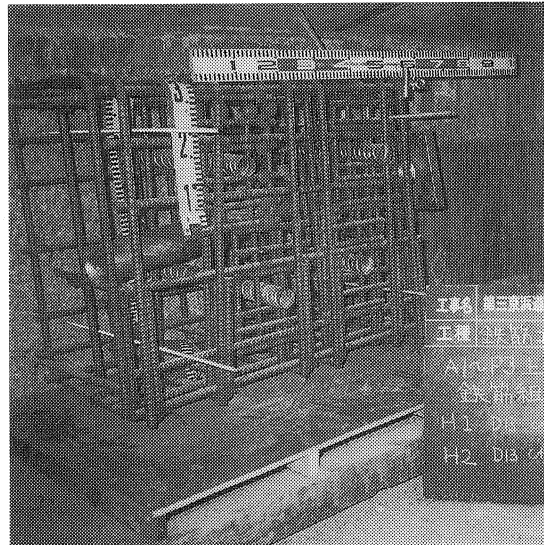


写真-1 A1~P3定着部

2) 接合面のコンクリート 応力度

外ケーブルとPC鋼棒の緊張力による偏向部の接合面でのコンクリート 応力度を検討した。応力度は引張を発生させないものとした。

3) 屈曲部の検討

偏向部において外ケーブルは鉛直方向に曲げ上げて配置されるため、コンクリートには外ケーブルの曲がりによる分力が発生する。この引張応力と σ_{cat} =(コンクリートの単純引張強度/3)を比較検討した。

偏向部の構造を写真-2に示す。

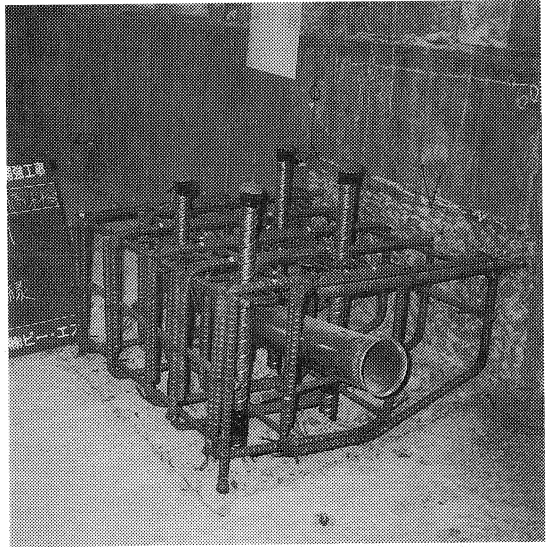


写真-2 A1~P3偏向部

外ケーブルの定着部・偏向部のPC鋼棒用孔の削孔、鉄筋用のあと施工アンカーの配置にあたっては、X線透過法とレーダー探査法により既設のシースと鉄筋の位置を確認し、傷つけないように施工した。

A1~P3・P3~P6の中間支点横桁はMCナイロン製偏向具を配置し、外ケーブルを通過・偏向させるために $\phi 160 \sim 180$ で削孔する。図面上は横桁のせん断鉄筋を切断しない位置としたが、あきにも余裕が無く、また鉄筋は横桁厚全体に配置されているためX線透過法、レーダー探査法では鉄筋位置の確認はできない。したがってあらかじめ鋼板($t=4.5\text{mm}$)を横桁面に接着させておき、補強してから削孔した。

3. 鶴見川橋

構造は3径間有ヒンジラーメン橋、主桁はPC室箱桁橋(上床版はPC構造)である。主桁はB活荷重に対しての補強設計を行うとともに、①ヒンジ杓と伸縮装置の維持修繕作業を無くす、②ノージョイント化による走行性の改善、を目的に上部工(ヒンジ部)の連続化を行った。また橋脚は復旧仕様に従い耐震補強設計を行った。既設橋の断面図を図-3に、側面図を図-4に示す。

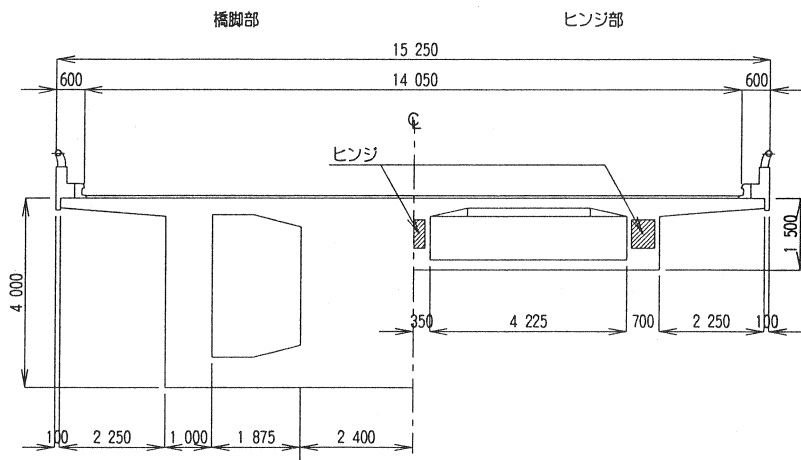


図-3 鶴見川橋断面図

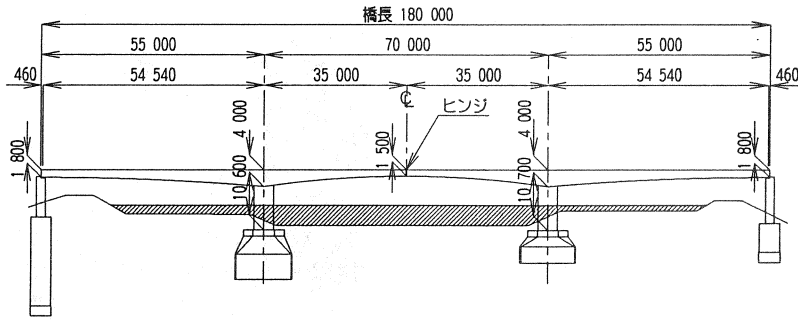


図-4 鶴見川橋側面図

(1) 上部工補強・連続化の設計

設計フローチャートを図-5に示す。

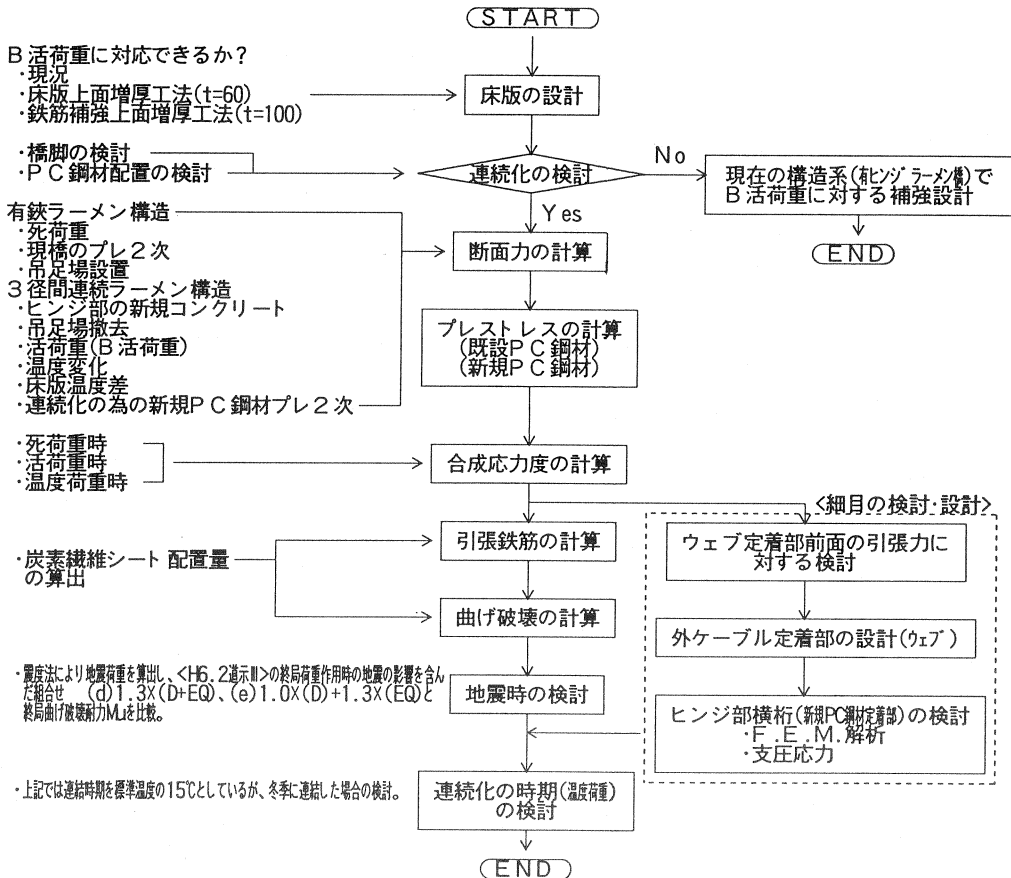


図-5 上部工の設計フローチャート

1) 連続化可否の検討

構造的に連続化の可否について検討を行った。①連続化後の支間中央部の正の曲げモーメントに対し、既設桁ウェブに定着可能な外ケーブルで対処が可能か、②ヒンジ部の構造、③既設橋脚などの検討を行った。その結果から連続化は可能と判断した。

2)連続化の設計

設計に先立ち既設橋のA1・A2のRCロッカー杓とヒンジ杓について現場測定を行い、正常に機能していることを確認した。

ヒンジ部遊間にはコンクリートと低収縮モルタルを打設するものとし、ヒンジは埋め込むものとした。連続のメインケーブルはSEEE工法タイプRF-T型とし、外ウェブにはF270T(19S11.1B:265TON型)1本、中ウェブにはF130T(7S12.7B:130TON型)2本を、またサブケーブルとしヒンジ部横桁を定着体としPC鋼棒を配置した。メインケーブルはなるべく直線となるように配置した。

補強後のPC鋼材配置図を図-6、7に示す。

3)炭素繊維シート配置

PC鋼材量は連続させたヒンジ部に対して現行の許容応力度を満足するように決定した。しかし、PC鋼材の配置では不足する主桁下縁の引張応力を負担させるため、また曲げ破壊耐力の向上を目的に炭素繊維シートを配置した。

4)ヒンジ部横桁の検討

PC鋼棒を定着する既設ヒンジ部の横桁は鉄筋量が少ないため、FEMによる解析を行った。その結果PC鋼棒定着部の裏側に -44kgf/cm^2 の引張応力度が発生することが確認されたため、下床版をRCで増厚することで対処した。

5)地震時の検討

上部工連続化後の地震の影響は、「平成6年版道示Ⅲ」に従い「地震の影響を含んだ終局荷重作用時の組合せ」の終局時断面力と、補強後の曲げ破壊耐力を比較することで行った。

6)連続化時期の検討

本橋はラーメン構造とした場合には一般に橋脚が低く[H=10.6(10.7)m]、太い($\phi=4.8\text{m}$)。温度変化の影響が卓越するため、連続化の時期について検討を行った。その結果、冬季に連続化を行えば温度変化は+方向のみになり、橋脚が上部工の伸びようとする力を拘束し、主桁に圧縮力が導入され有利なることを確認した。また実際の施工も冬季に行った。

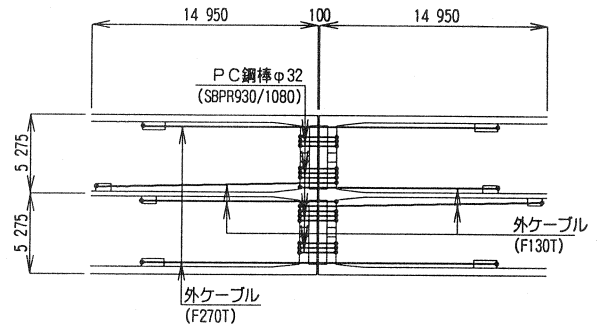


図-6 中央径間中央 補強後平面図

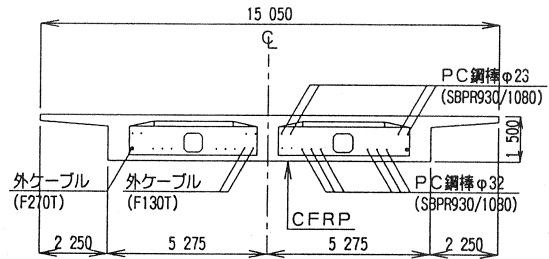


図-7 中央径間中央 補強後断面図

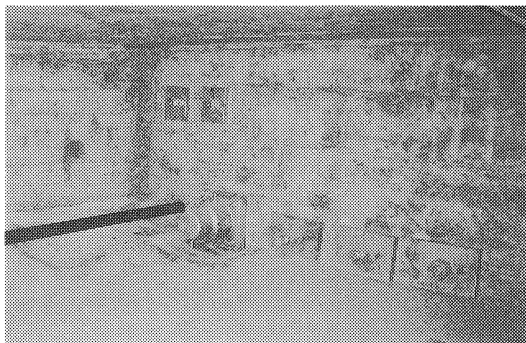


写真-3 PC鋼材配置後(中ウェブ側)

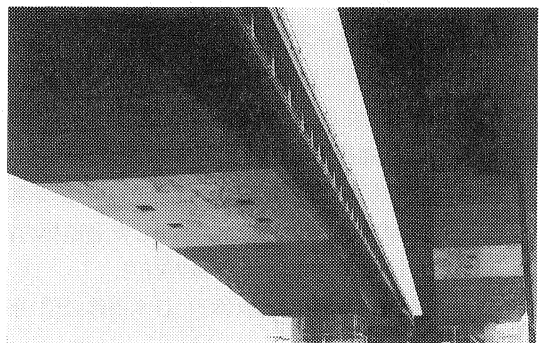


写真-4 炭素繊維シート 配置状況

(2) 橋脚の耐震補強設計

3径間連続ラーメン構造とし、復旧仕様に従い橋脚の耐震補強設計を行った。橋軸直角方向について既設橋脚の保有水平耐力法による照査を行い、補強の必要性があれば保有水平耐力法により補強断面を仮定して、橋軸方向の非線形動的解析による照査を行った。補強方法はRC巻立て工法とした。

1) 橋軸直角方向の設計

既設橋脚(φ4.8m)の照査ではせん断耐力が曲げ耐力よりも小さいせん断破壊先行型($P_s/P_u=0.54$)、保有耐力の照査では地震時保有耐力が等価水平力よりも小さい($P_a/W_{Khe}=0.12$)結果となり、補強は必要と判断した。補強断面を450mm増厚、主鉄筋D32@200mm、帯鉄筋D29@100mmと仮定すると、保有水平耐力の照査では $P_s/P_u=1.37$ (曲げ破壊先行型)、保有耐力の照査では $P_a/W_{Khe}=1.10$ となり規定を満足した結果となった。また段落とし部の不足モーメント(ΔM)に対して照査を行った。

2) 橋軸方向の設計

時刻歴解析法とし、入力地震波はType2のI-1-1兵庫県南部地震神戸海洋気象台の記録N-S波とした。応答断面力よりも橋脚耐力が大きいことを確認した。

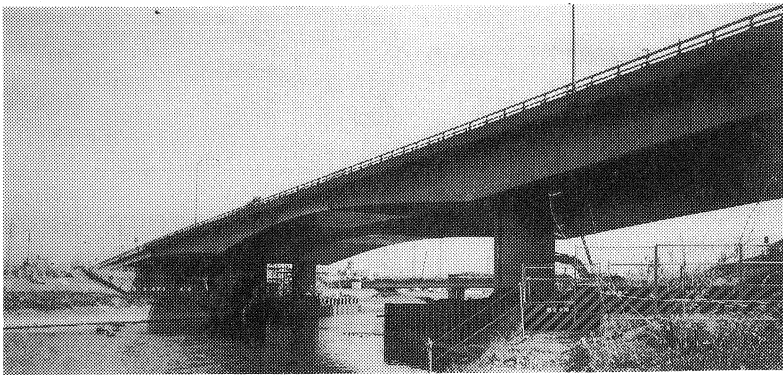


写真-5 上部工連続化後全景

4. おわりに

既設構造物に対する補強の要求は、今後ますます増加してくるものと考えられる。既設構造物の診断、照査、補強についてより一層研究を重ね技術の向上に向けて努力していかなければならない。

本工事は平成10年3月に無事竣工することが出来た。ご指導、ご協力いただいた関係者の方々に深く感謝いたします。本報告が今後の補強工事の設計、施工の一助となれば幸いです。

参考文献

- (1)「PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書(外ケーブルの有用性と適用に関する調査検討)」
(財)高速道路調査会 平成5年3月
- (2)「上面増厚工法設計施工マニュアル」(財)高速道路調査会 平成7年11月
- (3)「車両の大型化に関する調査検討(その2)Ⅲ編 補強・補修マニュアル」
(財)高速道路技術センター 平成7年4月
- (4)「維持修繕要領 橋梁編」日本道路公団 昭和63年5月
- (5)「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧による仕様」の準用に関する参考資料」
(社)日本道路協会 平成7年6月
- (6)「耐震設計・施工要領(案)」日本道路公団 平成7年7月